

# 実験トランジスタ・アンプ設計講座

黒田 徹

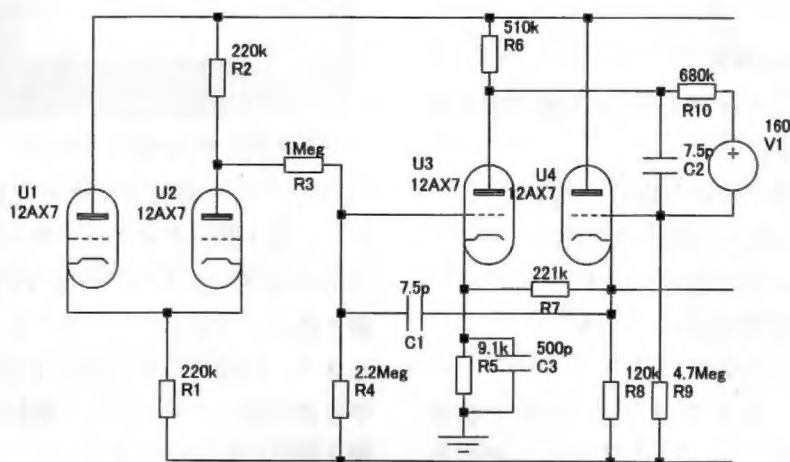
## ●実用技術編

### 第10章 回路シミュレータ SPICE 入門 (19)

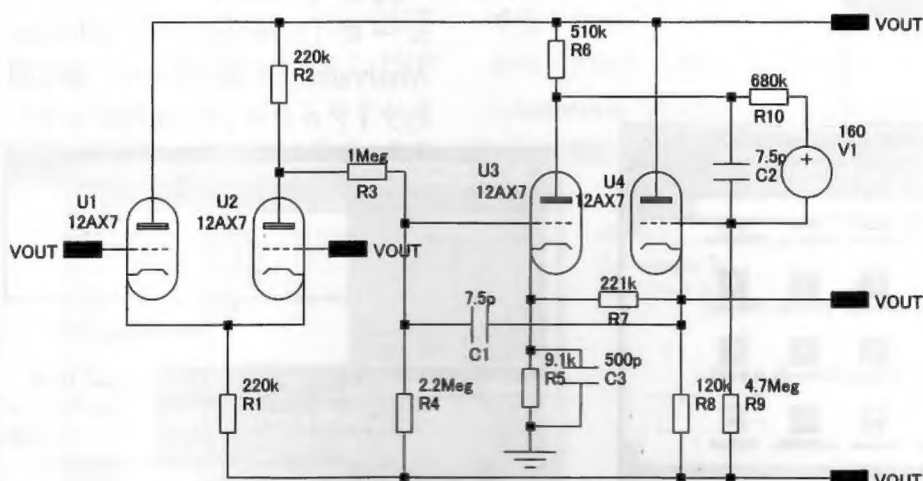
#### K 2-W のサブサーキットを作る

1953年に発売された真空管オペアンプ K 2-W は、半導体オペアンプと同じように使うことができま

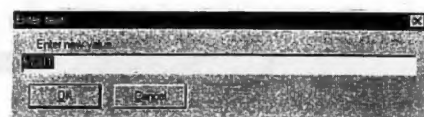
す。初期の半導体オペアンプ、たとえば  $\mu A 709$  や  $\mu A 741$  は、K 2-W に取って代わるべく開発された IC ですから、これらの IC オペアンプにできることが K 2-W にできないはずはありません。そこで、K 2-W



〈第1図〉 真空管オペアンプ・モジュール K 2-W の全回路



〈第2図〉 第1図の回路にサブサーキット用の端子をつける



〈第3図〉 VOUT を VSP に書き換える  
をサブサーキットに収め、一般のオペアンプと同じシンボルを割り当てることにします。

(1) サブサーキットのネット・リスト  
サブサーキットは一般に次の形式

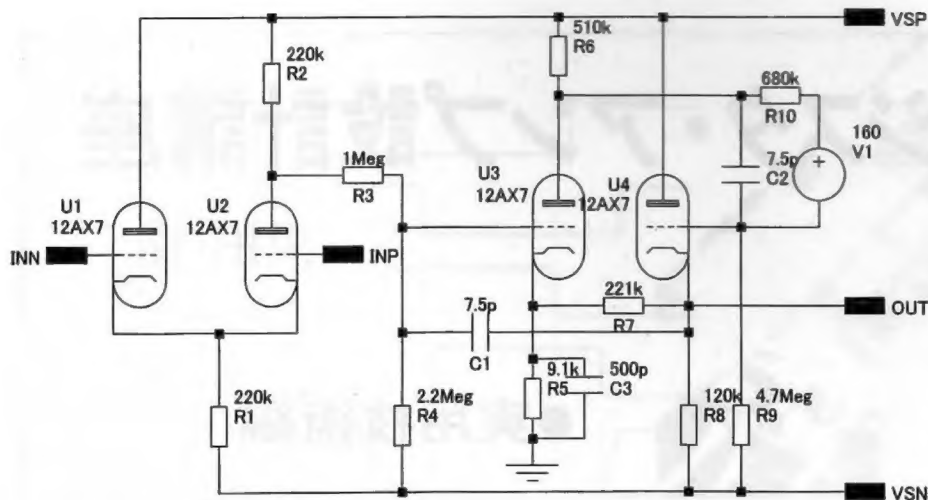
.SUBCKT <名前> <ノード>  
接続状態の記述  
.ENDS

のネット・リストです。通常、ネット・リストはユーザーが記述しますが、SIMetrix は回路図からネット・リストを抽出し、自動的にサブサーキットを作成する機能を持っています。

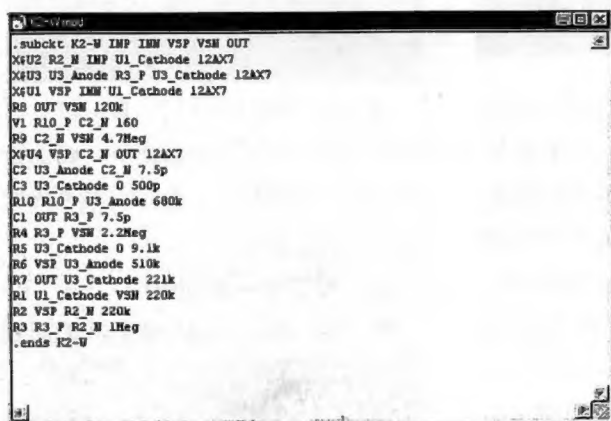
それでは、回路図からサブサーキットを作成しましょう。

[手順 1] SIMetrix.exe を起動し、第1図の回路(2004年6月号の第8図から入力端子、出力端子、電源端子を除いたもの)を作成します。

[手順 2] 端子を配置する：第1図の回路にサブサーキット用の入力端子、出力端子、電源端子をつけます。すなわちメニューから [Hierarchy] → [Place Module Port] をクリックして現れた端子シンボルを第2図のように配置します。この端子は一般回路用の端子とは異なりま



〈第4図〉 端子に INP, INN, VSP, OUT, VSN という名前をつけた K 2-W の最終回路



〈第8図〉  
作成された K 2-W  
サブサーキットのネ  
ットリスト

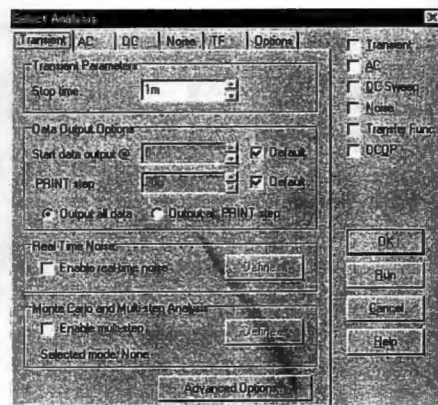
す。ちなみに一般回路用端子は、メニューの [Place]→[Connectors]→[Terminal] をクリックして配置します。第2図に示すように、サブサーキット用端子は一般回路用端子とデザインが違います。

〔手順3〕端子に名前を付ける：第2図の回路に配置した5個の端子は既定の名前 (VOUT) がついていま

すが、それぞれつぎの名前に書き換えます。

非反転入力端子：INP  
反転入力端子：INN  
正電源端子：VSP  
負電源端子：VSN  
出力端子：OUT

たとえば VOUT を VSP と書き換えるには、VOUT のシンボルを



〈第5図〉 解析の設定。実は解析をしないという設定になっている



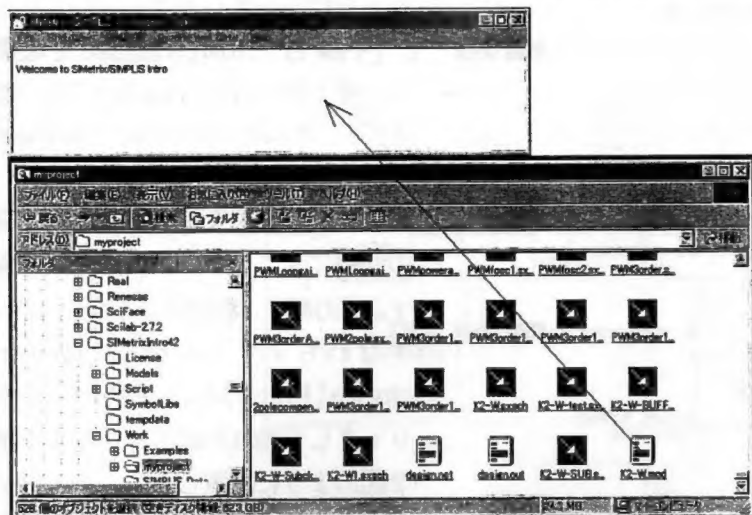
〈第6図〉 テキスト入力ボックスに K 2-W と入力する。これがサブサーキットの名前になる



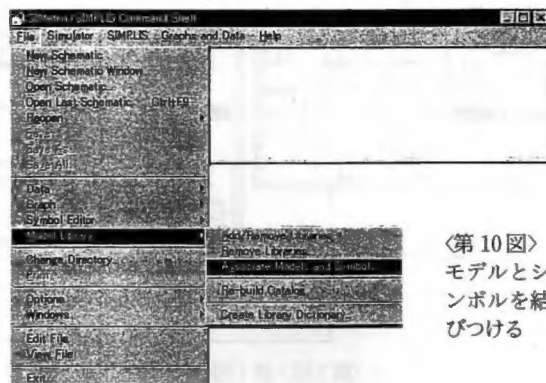
〈第7図〉 端子の順序を設定する

クリックしたあと F7 キーを押します。第3図のダイアログボックスが現れるので、VOUT を VSP に書き換え、[OK] ボタンをクリックします。同様にして、他の4個の端子も書き換えてください。最終的に第4図の回路図にします。

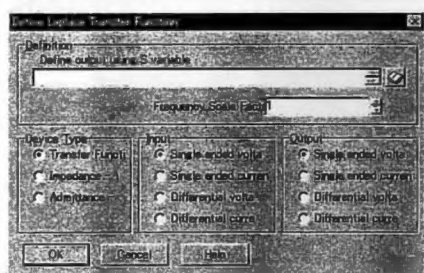
〔手順4〕解析 OFF の確認：メニューの [Simulator]→[Choose Analysis...] を選択します。第5図のダイアログボックスが現れます。



〈第9図〉 ファイル K 2-W. mod をコマンド・シェルにドロップ&ドラッグする



〈第10図〉  
モデルとシン  
ボルを結  
びつける



〈第 20 図〉伝達関数を定義するダイアログボックス

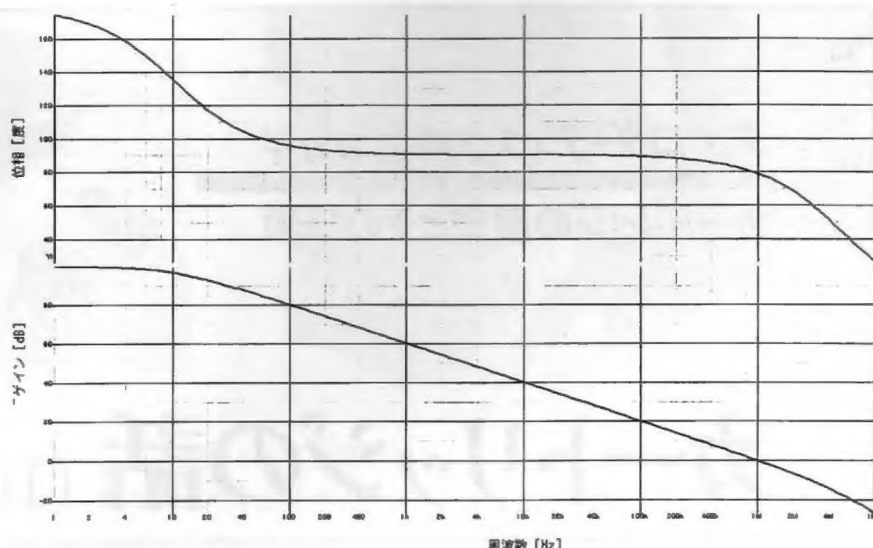
[Parameterised Opamp] を選択して回路図に貼り付けます。貼り付けたオペアンプのシンボルをクリックして選択し、F7 キーを押してください。第 18 図のウィンドウが開きます。このウィンドウで、オペアンプのつぎのパラメータを設定できます。

入力オフセット電圧、入力オフセット電流、入力バイアス電流、オープン・ループ・ゲイン、利得帯域幅積、スルー・レート、電源変動除去比(PSRR)、同相信号除去比(CMRR)、オープン・ループ出力抵抗、オープン・ループ差動入力抵抗、最大出力電圧、消費電力

なお、既定値は汎用オペアンプ相当です。第 18 図の設定を変更しないで、[OK] ボタンをクリックしてください。そして第 19 図の回路を作成します。理想バッファはラプラス伝達関数を用いています。メニューから [Place]→[Analog Behavioural]→[Laplace transfer Function...]を選択してください。第 20 図のダイアログボックスが開くので、Definition 入力ボックスに 1 と入力し、[OK] ボタンを押します。これでゲイン=1 倍の理想バッファになります。

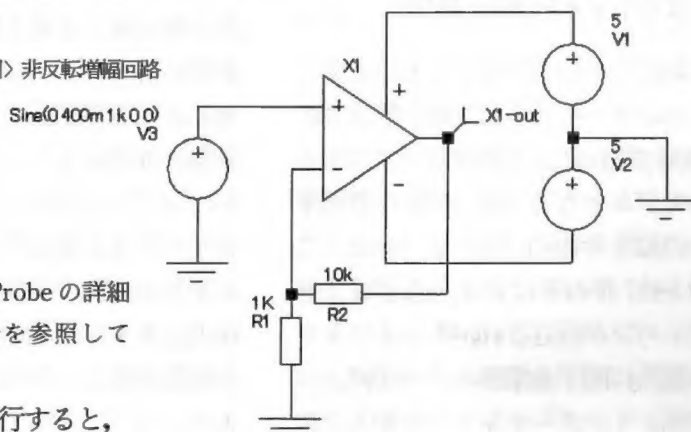
#### (1) AC 解析

つぎにメニューから [Probe AC/Noise]→[Bode Plot Probe] を選択し、第 19 図のように貼り付けま



〈第 21 図〉第 19 図のオペアンプのオープン・ループ・ゲインのボーデ線図

〈第 22 図〉非反転増幅回路



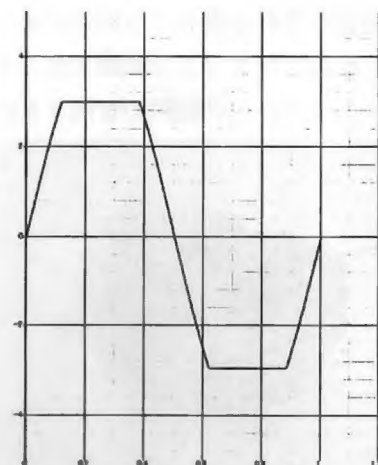
す (Bode Plot Probe の詳細は 2003 年 4 月号を参照してください)。

AC 解析を実行すると、第 21 図のグラフ、すなわちオペアンプのオープン・ループ・ゲインのボーデ線図が得られます。第 21 図の周波数特性から、オープン・ループ・ゲイン=100 dB、利得帯域幅積=1 MHz とわかります。たしかに、第 18 図のパラメータ

Open-loop Gain=100 k [倍]  
Gain-bandwidth=1 Meg [Hz]  
とよく合っています。

#### (2) 過渡解析

第 20 図の回路を第 22 図のように変更してください。入力信号は片ピーク振幅=0.4 V、周波数=1 kHz の正弦波です。過渡解析を実行すると第 23 図のグラフが得られます。出力電圧は±3 V で飽和しています。すなわち、最大出力電圧は電源電圧より 2 V 低いことがわかります。低下分の 2 V は、第 18 図の Headroom Pos.: 2 [V]  
Headroom Neg.: 2 [V]  
によって生じたものです。



〈第 23 図〉第 22 図の回路の出力電圧波形

#### ◆参考文献

K2-W データシート (<http://www.national.com/rap/images/BBB2.jpg>)